

MILAN HERAK:

O NEKIM HIDROGEOLOŠKIM PROBLEMIMA MALE KAPELE

(S hidrogeološkom i geološkom kartom)

1. Uvod

Hidrogeološki problemi našega krša malo po malo dolaze u prvi plan geoloških istraživanja. Razlog je tome sve veće zanimanje hidroenergetičara za praktično iskorištenje većih krških vodotoka, od kojih se neki nalaze u geološki nedovoljno istraženim terenima, a bez jasne slike o osnovnom stratigrafskom slijedu, facijelnim odnosima i tektonskoj strukturi, uopće se ne može pristupiti znanstvenom rješavanju hidrogeoloških odnosa.

Upravo je takav slučaj bio i sa slivovima Ličke Jesenice i periodičkog jezera Begovca na sjeveroistočnim padinama Male Kapelle u Lici, koji su istraživani u svrhu hidroenergetske primjene.

O užem je području Begovca svojevremeno pisao J. POLJAK pod naslovom »Periodičko jezero Blata« (Glasnik Hrv. prir. društva, Sv. XXXIV., Zagreb, 1922.). Međutim šire područje nije dosada iscrpljeno geološki proučavano, pa je razumljivo, da ni hidrogeološke predodžbe o čitavom tom sklopu nisu mogle biti potpuno jasne. Zbog toga je najprije trebalo istražiti osnovne stratigrafske i tektonske odnose. No budući da su hidrogeološki problemi postavljeni kao glavni cilj istraživanja, nije se ulazio u detaljnu stratigrafsku i tektonsku analizu, već su dani samo glavni geološki obrisi, o kojima ovise hidrografske pojave.

Istraživanjem je obuhvaćeno prilično veliko područje s graničnim točkama Vel. Lisac, Kuselj, Močila, izvor Mrežnice, izvor Dretulje i Glibodol. Međutim pregledna geološka karta, izrađena uz sudjelovanje B. Crnkovića, A. Magdalenića i Ž. Babića, obuhvaća samo uže slivno područje.

2. Stratigrafija

U litološkom je pogledu istraživani teren građen vrlo monotono. Ako isključimo kvartarne naslage, ostaju svega dva elementa i to dolomiti i vapnenci, koji pripadaju različitim mezozojskim sistemima. Vapnenci su jedri, raspucani i oštrih površina, a dolomiti gusti, manje raspucani i blagih površinskih oblika.

Razvrstavanje tih naslaga po pojedinim sistemima dosta je teško, jer su fosili prilično rijetki, pa ih ne nalazimo uvijek tamo, gdje bismo

ih trebali. No ono je ipak moguće, u koliko dobro poznajemo šire mezozojsko područje Dinarida. Poznato je, naime, da su neki stratigrafski članovi u Dinaridima litološki vrlo jednolični i u svojim osnovnim karakteristikama postojani, pa se mogu vršiti prilično pouzdane litološke paralelizacije i na veće udaljenosti. Takav je slučaj upravo s dolomitima i vapnencima mezozojskih sistema u području Velike i Male Kapele i u široj okolici. Njihova je pripadnost pojedinim sistemima dokazana pomoću fosila (trijaski dolomiti i jurski i kredni vapnenci), ili pomoću stratigrafskog položaja (jurski i kredni dolomiti). Zbog toga litološke analogije počivaju na prilično pouzdanim temeljima.

TRIJAS.

U našem je terenu trijas zastupan isključivo dolomitima, koji su uglavnom svijetlosivi, mjestimično tamni, redovito gusti ili sitnokristalinični. Potpuno su identični s dolomitima u području Zagorske Mrežnice, u kojima su nađeni sferokodiji, pa im je time trijaska starost nedvojbeno dokazana. Jedni i drugi zajedno čine bazu istog dolomitnog pojasa, što se proteže u dinarskom smjeru uz bok Velike i Male Kapele, a sastoji se uglavnom iz jurskih, a tek djelomično iz trijaskih i krednih dolomita.

Trijaski dolomiti ne izgrađuju kontinuiran površinski pojas, već se javljaju sporadično ispod jurskoga i krednog dolomita. Rasprostranjenost im je nepravilna, jer kredni dolomiti leže transgresivno, i tektonski su poremećeni. Razgraničavanje je teško zbog sličnosti s krednim dolomitima kao i zbog toga, što postoji postupni prelaz iz gornjega trijasa u donju juru, pa granice nisu oštore. To je i razlog zašto u priloženoj karti nisu posebno izlučeni. Ipak ćemo spomenuti glavne lokalitete, na kojima smo ih našli na površini, da bismo olakšali buduća detaljna istraživanja. Ima ih nešto kod Kuselja, zatim u blizini crkve u Saborskem i kod Kovacića, nadalje na zapadnoj padini zapadnog kraka Velike Titre, u području Ravnoga Luga; pretežu u okolini vrela Kuka, Krivodola i Točka i na padini prema Velikom vrelu Jesenice (gdje ima interkaliranih rožnaca); ima ih na desnom pobočju doline Maloga vrela, u dolomitnom dijelu izvorišta Paskaševca, na Tavanu iznad sela Lička Jesenica, u prostoru između Paskaševca i Begovca, osobito kod Vrcelja; zatim kod Ogrizovića, pa na padini Pištenika, u potoku Sinjac, istočno od ceste kod Tuka na putu u Tobolić, u području sela Blata, u izvorištu Vera potoka, u blizini sela Vukelića na previji između izvora Dretulje i Plaškog, u dolini Vrnjike i t. d.

JURA

Jurski je sistem zastupan dolomitima i vapnencima. Dolomiti su ne samo litološki istovjetni s jurskim dolomitima Velike Kapele, gdje im je stratigrafska pripadnost nedvojbeno dokazana, nego su s njima i izravno povezani u dugom i prostranom pojasu, što se pruža sve tamo od Gomirja padinom Kleka, preko Modruša i Plaške Glave do jezera Begovac. Htio bih jedino naglasiti, da se ne radi samo o dogerskim dolomitima, već i o lijaskim, koji se, jednakao kao u području Zagorske Mrežnice i u okolini Slunja, izravno nadovezuju na gornji trijas.

Vapnenci su sive boje i također predstavljaju tek dio prostranih zona, koje dominiraju u Velikoj Kapeli, a izgrađuju i sjeverozapadni dio Male Kapele. U našem ih terenu nalazimo u području Trntora, zatim manju površinu iznad jezera Sinjac, kao i u širem području Konjske Glave na zapadnoj strani Male Kapele. Kod jezera Sinjac se jasno vidi, da im u krovu dolaze dolomitni konglomerati i dolomiti krede. Dalje ih u jugoistočnom smjeru uopće ne nalazimo na površini usprkos dubokih tektonskih lomova. Razlog se najvjerojatnije sastoji u tome, što je prije taloženja gornje krede u tom prostoru došlo do intenzivne denudacije, pa su jurske naslage odnesene, te je gornja kreda taložena izravno na trijas.

KREDA

Prikaz ćemo početi s dolomitnim brečama, koje su sastavljene iz komada trijaskog i graničnog trijasko-jurskog dolomita sive boje. Na nekim ih mjestima nalazimo između tipičnih trijaskih i tipičnih krednih naslaga (na pr. istočno od Tuka), na drugima opet između jurskih vapnaca i tipičnih krednih dolomita (između Trntora i Visokog vrha), no najčešće su u nasjednom kontaktu s gornjokrednim vapnencima. Najvjerojatnije je, da se u ovom slučaju radi o gornjokrednim bazalnim naslagama. Rasprostranjenost im je prilično velika. Dolaze u prostoru između Velikog Lisca i Jasenove drage, zatim na padini Bukova vrška i u području Bjeleža s južne strane Trntora, odakle se produžuje u Krasničku uvalu. Jedan pojas počinje kod Vukelića istočno od Pištenika te se nastavlja u sjeverozapadnom smjeru, obuhvaća kotu 543 i produžuje se do previje između Malog i Velikog Pištenika. Tu skreće prema sjeveroistoku i prema sjeveru. Osim toga dolomitnih breča ima u uvali zvanoj Korita (kota 411), zatim južno od Štefanaca (u sjevernom podnožju Velikog Sivnika) a također i na zapadnoj padini Velikog Sivnika. Novi se pojas proteže od Kovačića u Saborskog do Sertića te zahvaća Veliki Sivnik s jugoistočne i istočne strane. Dalje ih ima kod Kovačića između Malog Stožera i Velike Skrade, a protežu se u uskom pojasu preko Kosanovića uz Samar (kota 595) i Kosu (kota 593) do Momčilovića jugozapadno od Male Ljupče. Dobro su razvijeni i na svim padinama Medaričkog vrha. Iz njih je izgrađen i Vršak istočno od Lipova vrha kao i kota 559. Nalazimo ih također i na sjevernoj padini Lipova vrha kao i na sjevernoj padini Popovića vrha (kota 480) iznad vrela Mrežnice. Odatle se produžuju prema Brdarima i dalje u područje Plavče drage. Na njima nalazimo manje krpe svjetlih šupljikavih vapnenaca, koje nisu izdvojene.

Tipični su kredni dolomiti redovito jasno kristalinični, a boja im je najčešće svijetla, nešto smeđasta. Nalazimo ih u kontaktu s dolomitnim brečama i s trijaskim dolomitima s jedne strane, a s rudistnim vapnencima s druge strane. Karakteristično je da na nekim mjestima između njih i trijaskih dolomita ne nalazimo dolomitnih breča. Uzrok može biti lokalna tektonika ili naglo poplavljivanje većih površina. Tipični su kredni dolomiti najljepše razvijeni u području Velike i Male Titre, a možemo ih pratiti preko Saborskoga i Jesenice sve do ruba Plavče drage. Nadalje ih ima u glavnoj trupini Male Kapele, zatim u izvorištu Jesenice i nešto iznad izvora Mrežnice.

Vapnenci, u kojima na mnogo mesta nalazimo lijepo sačuvane rудiste, najviše su rasprostranjeni u istraživanom terenu. Oni izgrađuju veliki dio trupine Male Kapele, zatim Veliki Javornik, pa prostor od Saborskoga do Velikog Bila i od izvora Mrežnice do Filipova vrha. U njihovu sklopu, osobito jugozapadno od Medaričkog vrha, dolaze i pločasti vapnenci.

3. Tektonika

Teško je detaljnije govoriti o tektonici jednoga terena, koji je zapravo tek dio većega, u cijelini još neistraženog područja. Zbog toga se ovom prilikom i ne namjeravam upuštati u detaljnu tektonsku analizu, već ću se osvrnuti samo na one tektonske linije, što vrše značajniji utjecaj na hidrografiju terena. Pri tom mislim na osnovne rasjedne linije, koje uostalom i daju glavno tektonsko obilježje čitavom terenu. Jedna velika rasjedna linija prolazi kontaktom dolomita i gornjokrednih rudistnih vapnenaca, a proteže se od Kuselja uz Biljevinu i Saborski, te se spušta u proširenu dolinu Jesenice, gdje se spaja s više lomova različita smjera. Ova je rasjedna linija stratigrafski potpuno jasno obilježena, jer na kontaktu uz kredne dolomite mjestimično izbijaju i trijaski dolomiti. Osim toga kontakt prate tektonske breče, kao i niz ponora, koji su razvijeni u pojasu dolomitnog područja. Kroz njih se gube kratki vodotoci dolomitnog područja. Rubna je zona dolomita pokrivena debelim slojem rastrošenog materijala, pa su tako elementi položaja slojeva slabije vidljivi. No nema sumnje da se oni u tom pogledu razlikuju od vapnenačkih slojeva. Druga sasvim izrazita rasjedna linija ide od Vezmara u jugoistočnom smjeru između Tavana, koji je izgrađen iz trijaskih i krednih dolomita i trupine Malog Pištenika, koji se sastoji iz rudistnih vapnenaca i dolomitnih breča. Linija je prilično ravna i praćena nizom ponora (kod Vezmara) i velikim brojem vrtača. Rasjedom je uvjetovan i kontakt dolomita i vapnenaca na zapadnoj padini Pištenika i Filipova vrha. On nema neku važniju hidrografsku funkciju. Paralelan lom nalazi se u dolu što spaja Begovac s Plavčom dragom, te omogućuje podzemnu vezu između Begovca i Sinjca. Prema tome sve su spomenute tektonske linije značajne zbog omogućavanja podzemnog odvodnjavanja. Međutim i većina je izvora tektonski uvjetovana. To u prvom redu vrijedi za Veliko vrelo, zatim za Malo vrelo i Paskaševac. Tektonska linija, koja se proteže uz bok Male Kapele nastavlja se i uz zapadni rub Begovca, gdje je potpuno jasno stratigrafski obilježena, jer se mjestimice nalaze u neposrednom kontaktu trijaski dolomiti i rudisti vapnenci, a uz samu tektonsku liniju nalazimo niz estavela različitog kapaciteta. Osim toga postoji još niz poremećaja. Tako su na pr. dolomitni konglomerati najčešće u rasjednom kontaktu s rudistnim vapnencima. Postoje i rasjedi između trijaskih i krednih dolomita. Tektonski je uvjetovan i kontakt jure i krede u području Trntora, kao i na zapadnom boku Male Kapele. Osim toga postoji niz poprečnih lomova kroz vapnenačko-dolomitnu trupinu Male Kapele, koji omogućuju podzemno dreniranje vode. Isto vrijedi za područje Plavče drage. O svim ovim tektonskim linijama moći će se nešto detaljnije govoriti, kada se priđe intenzivnjem proučavanju širega područja.

4. Hidrologija

Hidrološke osobine našega terena uvjetovane su, osim količinom oborina još i fizičkim svojstvima i tektonskim položajem naprijed opisanih stijena.

Što se tiče fizičkih svojstava, među dolomitima trijasa, jure i krede nema bitnih razlika, koje bi jače utjecale na njihovu vodopropusnost. Pa ipak njihova hidrološka funkcija nije ista. Dok na pr. trijaske dolomite možemo u našem terenu redovito smatrati barijerama, koje ne dozvoljavaju podzemnu pukotinsku cirkulaciju vode na veće udaljenosti, dotele kredni dolomiti, koje jedva razlikujemo od trijaskih, mogu biti vrlo propusni, ako se ispod njih ne nalaze dolomiti trijasa. Zbog toga u rubnoj nezaštićenoj zoni krednih dolomita možemo naći mnoštvo ponora. Lijaski dolomiti u hidrološkom pogledu sliče trijaskima i to zbog toga, što se oni izravno nastavljaju na trijaske dolomite. No ako se radi o dogerskim dolomitima, koji mogu biti u uskoj vezi s vapnenačkim naslagama, tada je funkcija tih dolomita sličnija krednim nego trijaskim dolomitima. One pak dolomitne breče, koje se površinski izmjenjuju s rudistnim vapnencima, gotovo se i ne razlikuju u hidrografском pogledu od vapnaca, osim na usko ograničenim prostorima. Jurski su vapnenci po svojim fizičkim svojstvima jednakim krednim, ali im tektonski položaj nije isti. Dok jurski vapnenci mogu biti uklijеšteni među dolomite, koji im mogu umanjiti vodopropusnost, dotele se kredni vapnenci normalno ne nalaze u takvom tektonskom sklopu, da bi im vodopropusnost mogla biti smanjena. Zbog toga oni u našem terenu predstavljaju najosjetljiviji hidrološki elemenat. Ove opće napomene o pojedinim stratigrafskim i litološkim elementima potpuno su u skladu sa stvarnim hidrogeološkim odnosima u istraživanom području.

Naprijed je bilo rečeno, da trijaske dolomite nalazimo sporadično na površini u pojasu s ovim perifernim točkama: na jugu Kuselj i Ravnog Lug, zatim dolazi Saborski i Veliko vrelo. Odатle se suženi pojas produžuje u smjeru Paskaševca i ide dalje prema Vrceljima, Ogrizovićima, selu Blato, Veri potoku, izvoru Dretulje i t. d. I upravo je to područje najbogatije izvorima svake vrste, od silaznih cijednih vrela maloga kapaciteta do velikih krških vrela. U tom se prostoru ujedno nalazi jasna razvodnica, koja ide od Ravnoga Luga prema Borovu vrhu, te na jednu stranu otječe Pepelarnica i nekoliko manjih vrela, a na drugu stranu, u smjeru Jesenice, čitav niz vrela o kojima ćemo kasnije govoriti. Nadalje treba naglasiti, da u tom području pretežu nadzemni vodotoci. Gubici su ograničeni i privremeni, jer voda redovito u istom vodotoku izlazi na površinu. I u području jurskih dolomita (Plaška Glava i područje sjeverozapadno od nje) također nalazimo normalnu razvodnicu i izvore, dok ponori postoje samo u sjeveroistočnom kutu Begovca u tektonski razolmljenoj kontaktnoj zoni s kredom. Međutim u krednim dolomitima, u koliko su u vezi s trijasom, nalazimo veći broj izvora (na pr. izvorišta Jurjeve drage, Malo vrelo i dr.), a u koliko nisu zaštićeni trijaskim dolomitima, tada u njima mogu biti razvijeni mnogobrojni ponori (na pr. okolica Ličke Jesenice). Da sami kredni dolomiti omogućuju jaču podzemnu cirkulaciju vode, vidimo na Malom vrelu Jesenice, gdje voda do-

lazi iz Male Kapele kroz poprečne pukotine u krednim dolomitima. Pa i voda, koja izbija na estavelama Begovca, mora sjeći ne samo vapnenačke nego i dolomitne zone grebena Jasenak-Visoki vrh. Promjenljivost hidrografske funkcije krednih dolomita vidi se i na istočnoj padini Velike Titre, gdje u nekim vrtačama postoje mala vrela, koja u njima i poniru. Trupina Titre, gdje se kredni dolomiti nalaze na trijaskom, daje vodu tim izvorima, dok blizina glavnoga rasjeda, na kojem su kredni dolomiti u kontaktu s vapnencima, omogućuje podzemno otjecanje. Jurski i kredni vapnenci u cijelini predstavljaju propusne elemente, koji omogućuju intenzivnu podzemnu cirkulaciju vode i formiranje zamršene podzemne hidrografske mreže. Lokalno se i u njima mogu pojavitijati nadzemne vode, no to su redovito manja periodička cijedna vrela malog intenziteta. Tom tipu pripada Hodakova vodica, Vukelinka, Conjarcova vodica, u širem području Vodene drage između Saborskog i Velikog Bila, kao i malo vrelo pod samim vrhom Velikog Bila i dr. Isto vrijedi za dolomitne breče. U njima se samo mjestimično javljaju manja cijedna vrela, koja redovito poniru u blizini izvora.

U svijetlu navedenih činjenica možemo lakše objasniti ne samo pojavu i karakteristike Ličke Jesenice i Begovca, nego i niza većih i manjih vodotoka, koji se nalaze u njihovoj blizini.

1. LIČKA JESENICA

Glavno vrelo Ličke Jesenice, koje se zove Veliko vrelo, izvire ispod Opaljenika jugozapadno od Saborskoga. Ponorno se područje nalazi oko sela Lička Jesenica. Čitav je vodotok za vrijeme visokih voda dug oko 7,5 m, a za vrijeme malih voda oko 5,5 km. Dolina je već od samoga početka dosta široka, a nizvodno joj se širina još povećava pa dosiže do cca 400 m. Dolinsko je dno pokriveno dosta debelim holocenskim nanosom (dolomitni pjesak i ilovača), a mjestimično su razvijene prave močvare (tresetišta). S lijeve i s desne strane spaja se s dolinom Jesenice više postranih dolina, koje su u donjem dijelu prilično široke, a u gornjem se dijelu račvaju u izvorišnu mrežotinu i završavaju s velikim brojem manjih vrela. Tok je vode u glavnoj i u postranim dolinama redovito nadzeman. Tek mjestimice dolazi do poniranja vode, koja ponovo izlazi na površinu na nižem nivou u istoj dolini. Veliko se vrelo nalazi u blizini kontakta gornjokrednih vapnenaca i dolomita (s trijaskom jezgrom). Vrelo je usporeno, pa mu je teško odrediti primarne karakteristike. S obzirom na raspored dolomita, koji s obje strane obuhvaćaju pozadinsko vapnenačko područje Opaljenika i Ilijina Tavana, sigurno je, da je upravo ta vapnenačka trupina glavno sabirno područje. Dolomiti vrše uspornu funkciju te dozvoljavaju izljevanje vode samo na Velikom vrelu, koja se nalazi u najnižoj koti vapnenačko-dolomitnog kontakta. Veliko sabirno područje u pozadini, zatim nedostatak mogućnosti podzemnoga i nadzemnoga dreniranja u nekom drugom smjeru, osiguravaju Velikom vrelu stalan dotok vode.

S desne, sjeveroistočne strane Jesenica prima čitav niz pritoka, ali s relativno malim količinama vode. Sva se vrela na toj strani nalaze u dolomitima, dobrim dijelom trijaske starosti. Imaju cijednih i pu-

kotinskih izvora. Čak i na samom rubu glavne doline izbija voda na više mesta te uvjetuje močvarne površine, a s bokova se cijedi iz manjih vrela, koja mogu biti smještena u priličnoj visini.

Oko jedan kilometar ispod glavnoga vrela s dolinom se Jesenice spaja prva veća postrana dolina, koja se u smjeru izvorišta lepezasto račva. Voda se sakuplja iz većeg broja malih izvora, te pred kraj doline formira nešto jači potok. Od zanimljivih izvora toga maloga sliva treba spomenuti Kuk, koji izvire na visini od blizu 600 m. On se sastoji iz dva vrela. Gornje je izrazito pukotinsko. Donje vrelo izlazi iz dolomitne špiljice, koja je također vezana na manju pukotinu. Voda se cijedi i u susjednom jarku, ali ne formira pravo vrelo. Dalje sjeverno u jednom je jarku smješteno vrelo Krivodol. I tu voda izlazi iz pukotinske špiljice u dolomitima. Ispod toga vrela postoji nekoliko periodičkih manjih vrela. Voda Kuka i Krivodola nakon površinskog toka nestaje u površinskom rastrošenom dolomitnom sloju. No njezin podzemni tok nije dalek, te se ponovno pojavljuje na površini u istoj dolini u obliku vrela, koje nazivaju Čevrkalo. U susjednom se jarku nalazi veći broj manjih vrela, koja nose ime Točak. Većinom su to cijedna pukotinska silazna vrela. Jedino na njihovom glavnom vrelu voda ključa iz dolomita. Nizvodno se u zajednički tok slijeva voda iz još dva vrela, a zatim se na glavnom zavoju pridružuje čitav sistem manjih vrela različitog karaktera. To su Duman, Mandino vrelo, Vreoci, Icino vrelo, Karina vodica i Vejnovac.

I dalje nizvodno Jesenica prima s desne strane nekoliko manjih vrela, među kojima ima i periodičkih. Zadnje takvo vrelo nalazi se u neposrednoj blizini sela Lička Jesenica na kraju desnoga ponornoga kraka, kod zavoja ceste prije uspona na Borovi vrh. Ukupna je količina vode svih tih vrela zajedno relativno mala, a razlog je tome, što nema velikoga sabirnog područja, već se voda skuplja u prilično ograničenom dolomitnom zaledu. Dolomiti, među kojima ima dosta trijasa, ne dozvoljavaju veće prodiranje vode u unutrašnjost, pa ona dobrim dijelom otiče površinom.

Zanimljivo je da su svi junci, u kojima danas teku mali, često periodički potočići, duboko erodirani, što pokazuje, da su nekada kroz njih protjecale mnogo veće količine vode. Osim toga i na najvišoj stepenici, u području Ravnoga Luga, gdje sada praktički i nema površinske vode koja bi gravitirala u sliv Jesenice, opažaju se posljedice nakadašnje jake erozione aktivnosti. Razlog je tome vjerojatno u prilično mladim tektonskim pokretima, koji su poremetili dotadašnju ravnotežu u podzemnoj i nadzemnoj cirkulaciji vode, te su skrenuli vodu vapnenačkog zaleda isključivo u smjeru Velikoga vrela. Tako je najviša stepenica ostala bez vode vapnenačkog zaleda. Srednja stepenica, koju karakteriziraju Kuk, Krivodol i dr. iz istih je razloga danas vezana samo na procjednu vodu dolomitnoga područja.

Među pritokama lijeve dolinske strane nalaze se dva izrazita krška vrela (Malo vrelo i Paskaševac) i veoma veliki broj silaznih, uglavnom pukotinskih cijednih vrela. Krška vrela dobivaju vodu iz vapnenačke pozadine, a nalaze se u blizini vapnenačko-dolomitnog kontakta ili na samom kontaktu. Ostala vrela dobivaju vodu iz dolomitnog područja.

Prva pritoka dolazi iz Jurjeve drage. Ona se sastoji iz velikog broja uglavnom cijednih pukotinskih vrela s veoma malim količinama vode, koja se procjeđuje kroz kredne dolomite. Gotovo svaki i najmanji jarak te prostrane i vrlo razvedene doline ima po jedno ili više takvih vrela, kojih se voda izljeva u glavnu dolinu Jurjeve drage i zajedno formira jedan malo veći vodotok. Dolina je pokrivena debelim kvartarnim nanosom ilovina i dolomitnog pijeska. Dosta je široka i vrlo pravilno modelirana. U njoj se javljaju i manji ponori oko 1,2 km prije sastava s glavnom dolinom Jesenice. Ponora ima više, a očito su vezani na kvartarni nanos, te voda ne prodire duboko. Ponovno se javlja na površini kojih 200 m niže i pri tom ne formira prava vrela, već se samo procjeđuje kroz kvartarne naslage.

Malo vrelo (drugo glavno vrelo Jesenice) izvire u kraćoj postranoj dolini neposredno ispod željezničke pruge. Voda izbija kroz pukotine krednih dolomita. U samoj se dolini nalazi i nešto trijaskih dolomita na površini, pa nema sumnje da upravo oni vrše glavnu uspornu funkciju. Samo se vrelo ne može točno rekonstruirati, jer je umjetno usporeno za pumpnu stanicu. No očito je, da se voda procjeđuje kroz poprečne pukotine u krednim dolomitima, a skuplja se u samoj trupini Male Kapele, i to u njezinom vapnenačkom masivu (prvenstveno u proširenem području Jasenove drage). Kojih 15—20 m iznad vrela u dolomitima nalazi se špilja duga oko 7 m, visoka oko 2,5 m, a široka na ulazu oko 6 m. Na dan pregleda u mjesecu srpnju 1954. kroz nju je protjecalo malo vode.

U proširenoj poprečnoj dolini, uzvodno od sela Čikare, koja ima dva kraka, nalazi se u području dolomita više cijednih vrela. Količina vode je mala.

Paskaševac je treće veće krško vrelo u slivu Jesenice. Voda izbija na više mjesta iz vapnenačkog krša, koje se nalazi na rasjednom kontaktu između krednih vapnenaca i dolomita. Sabirno su područje raspucani vapnenci Koraća, a uspornu funkciju vrše dolomiti. Količina vode znatno varira, a izuzetno mogu vrela i presušiti. Osim krških vrela u dolomitnom području desnoga pobočja postoji nekoliko manjih pukotinskih i cijednih vrela. Među njima je i vrelo Pećina, što izbija iz manje špiljice. Sva se ta voda spaja s vodom Paskaševca i zajedno teče kroz pliću dolinicu, koja je urezana u dolomitu, do ponornog područja Jesenice.

Među lijevim pritokama treba još spomenuti cijedna vrela u dolu zapadno od sela Lička Jesenica iznad kojega prolazi željeznička pruga i cesta za Malu Kapelu. Vode je malo i gubi se pod kvartarom.

U prošrenom dijelu doline Jesenice uzvodno od sela Lička Jesenica na nadm. visini 462—465 m započinje ponorno područje. Rijeka se račva u mnogo rukava povezanih u mrežotinu. U gotovo svim se rukavima nalaze lijevkasti ponori i to u kvartarnom nanisu s podlogom krednih dolomita. Stvaranje ponora u tim dolomitima uvjetuje blizina većeg broja rasjeda i kontakta s vapnencima kao i nedostatak trijaske barijere u manjoj dubini. Ponori se nalaze u susjednim vapnencima. Tu su obično vezani na jasne pukotine i nemaju pravilan oblik. Mnogi su od njih i umjetno izvedeni za potrebe mlinova. Veće vode dopiru do zadnjih po-

nora, što se nalaze oko 2 km. udaljeni od ceste u Ličkoj Jesenici. I oni su smješteni uglavnom u krednim dolomitima.

Bojadisanje vode, što ulazi u gornje ponore, izvedeno po stručnjacima Elektroprojekta u Zagrebu, pokazalo je da postoji izravna podzemna veza između tih ponora i vrela Slušnice (245 m). Geološki je ta podzemna veza potpuno razumljiva, jer u međuprostoru nema ni jednoga stratigrafskog elementa na površini, koji bi služio kao podzemna barijera. Tu nalazimo isključivo vapnenac i dolomitne breče, koji su mnogostruko tektonski izlomljeni, te omogućuju intenzivnu podzemnu cirkulaciju. Međutim ista je grada i u smjeru izvora Mrežnice (na 254 m), pa nije isključeno, da jedan dio vode i to za višega vodostaja, odlazi i u tom smjeru. Geološki promatrano nema za to vidljivih zapreka, a bojadisanje za vrijeme različitih vodostaja moglo bi to pitanje konačno riješiti.

2. BEGOVAC (cca 480 m)

To je ustvari malo krško polje s vrlo zamršenom hidrologijom. Površina mu iznosi oko 150 ha. Dno je pokriveno kvarternim naslagama debelim do nekoliko metara. Polje je periodički inundirano. Dubina vode zna doseći do 20 m, a trajanje inundacije ovisi o količinama oborina i o njihovu rasporedu u toku godine. Rijetko se dogodi da bi polje bilo inundirano preko čitave godine. Redovito voda nestane u ponorima najdalje do mjeseca kolovoza. Tada se u kvarternom pokrovu vide meandri vodotoka, što ide sredinom polja u smjeru Velike pećine na južnoj strani.

Begovac je smješten na sjecištu triju lomnih linija. Jedna se proteže na njegovoj jugozapadnoj strani. Druga polazi iz jugoistočnog kuta i produžuje se uz Tavan prema Potpolju u Jeseničkom polju, a treća je markirana dolom što spaja Begovac s Plavčom dragom. Kod prve se dvije lomne linije, kao što je naprijed rečeno, radi o izrazitim rasjedima, a treća je samo morfološki obilježena nizom vrtača. Te tri tektonske linije uvjetuju vrlo zamršenu hidrologiju polja, koja je karakterizirana time, što uz tipična silazna vrela postoji veći broj estavela i pravih ponora. Njihov je raspored uvjetovan stratigrafsko-tektonskim prilikama u terenu. Trijaski dolomiti uvjetuju pojavljivanje normalnih vrela u sjeverozapadnom i južnom kutu polja. Tu treba u prvom redu spomenuti Siljevac (Bosiljevac) i Žabnjak u blizini sela Blata. Voda izbjiga kroz pukotine i nikada ne presuši. Jedno manje vrelce nalazi se i na rubu Begovca ispod sela Blata, a nekoliko ih ima u području Vrcelja na južnom rubu jezera. Količina vode na svim tim izvorima je prilično mala, pa nemaju jačeg utjecaja na periodicitet Begovaca.

Estavele su smještene uz sam zapadni rub polja, dakle u području, gdje trijaska barijera nije kontinuirana, pa zbog toga postoje kanali ispod polja, koji omogućuju podzemno odvođenje stanovitih količina vode, što se skuplja u jugozapadnom i zapadnom zaleđu (Jasenak, Bukov vršak, Visoki vrh i t. d.). Za vrijeme jakih oborina dotok je vode veći od kapaciteta podzemnih pukotina, pa je voda prisiljena da se izlije na površinu na nizu estavela u području vapnenačko-dolomitnog kontakta. Kada se međutim vodostaj snizi, kapacitet kanala je veći od dotjecanja vode iz

zaleda, pa se voda i iz samoga jezera vraća putem estavela natrag u podzemlje.

Među estavelama je najznačajnija Velika pećina, koja ima izrazito špiljski karakter. U naprijed citiranom djelu J. POLJAK daje njezin detaljan opis, iz kojega ćemo ovdje izdvojiti samo nekoliko osnovnih podataka. Ulaz je visok 2,5 a širok 5 m. Zatim slijedi hodnik širine do 4 m a visine do 7 m. Najprije se proteže prema zapadu, a zatim prema kraju skreće prema jugozapadu. Dužina mu je 40 m. Iz njega dolazimo u prostoriju smjera SI—JZ, koja je duga oko 16 m, široka do 12 m a visoka 20 m. Od nje se na samom početku s lijeve strane odvaja hodnik dug 32 m, širok 0,6 do 1,4 m i visok od 0,5 do 4 m. I na kraju iste dvorane također s lijeve strane nalazi se prostorija duga oko 10 m., široka 6 m, a visoka 2,5 m. Ostale su estavele formirane uglavnom kao ljevkasta udubljenja, koja morfološki potpuno sliče ponorima. Rasprostranjenost im nije kontinuirana, već su lokalno grupirane u blizini rasjednog kontakta.

Tipični se ponori nalaze na sjeveroistočnom i jugozapadnom rubu polja. I oni su većinom ljevkasti te ih se morfološki uopće ne može razlikovati od većine estavela. U sjeveroistočnom su kutu prokopana i dva kanala u svrhu što intenzivnijeg podzemnog odvodnjavanja. Kao što je naprijed naglašeno, ovi su ponori vezani na tektonske linije.

Raspored ponornih zona kao i smjer tektonskih linija jasno pokazuje u kojim je smjerovima moguće podzemno odvodnjavanje Begovca. Jedan od njih vodi prema malom jezeru Sinjac na rubu Plavče drage. Smjer je na površini obilježen nizom vrtača, a u nekim od njih nedaleko jezera jasno se može čuti tok vode za vrijeme pražnjenja jezera. Drugi smjer je obilježen tektonskom linijom u jugoistočnom dijelu polja. Tu voda izlazi iz jezera kroz relativno uzak vapnenački otvor, te ulazi u vapnenačko područje Drizkovca i šireg područja Malog Pištenika. Odatle su joj putovi otvoreni u prvom redu u smjeru Primišalske Mrežnice, a nema vidljive zapreke koja bi onemogućila otjecanje i u smjeru Slušnice, jer su stratigrafski elementi, koje tu nalazimo, vodopropusni, a i tektonska je razlomljenost velika. Kroz ova dvoja podzemna vrata odlazi ne samo voda, što ulazi u podzemlje kroz ponore, nego i voda estavela kao i eventualnih direktnih podzemnih kanala iz Male Kapele. Ipak zasada ostavljamo još otvorenim pitanje, da li možda stanovite količine vode prodiru i kroz trupinu Pištenika.

3. SINJAC JEZERO (cca 364 m)

To je ustvari uzlazno krško vrelo smješteno na rubu Plavče drage i padine Filipova vrha. Površina mu iznosi nekoliko desetaka kvadratnih metara, a dubina mu seže do 40 m. Podzemna veza s Begovcem je sasvim vjerojatna, jer joj u prilog govore i geološki i hidrološki odnosi. Prema podacima Elektroprojekta iz Zagreba, Sinjac reagira u odnosu na Begovac s nekoliko dana zakašnjenja i s manjim količinama vode. Potpuno je shvatljivo da količine vode moraju biti manje od gubitaka Begovca, budući da Begovac, kao što je naprijed rečeno, gubi vodu u dva smjera.

Osim vode iz Begovca Sinjac ima i svoju vlastitu vodu podzemnicu. U to ne može biti nikakve sumnje, jer u Sinjcu izvire voda i onda, kada

Begovac potpuno presuši. Pitanje je samo odakle dolazi ta voda. Plaška Glava i Filipov vrh ne mogu se smatrati sabirnim područjem za jezero Sinjac. Plaška Glava zbog toga, što je sva izgrađena iz dolomita, koji ne propuštaju mnogo vode u podzemlje, a ono malo podzemne vode ima mogućnost komunikacije s površinom kroz veći broj manjih izvora na njenim rubima. Filipov vrh duduše ima vapnenačku kapu, ali je upravo počje iznad Sinjca izgrađeno iz dolomita, koji ne dopuštaju dotjecanje vode u tom smjeru. Prema tome za opskrbljivanje Sinjca dubokom vodom podzemnicom ostao bi samo jedan put, a taj bi vodio izravno iz Male Kapele ispod dna Begovca. Begovac, prema svemu što smo o njemu rekli, funkcioniра kao jedna velika estavela, te ispod njegova dna protječe voda i onda, kada je u njemu nema. Ne bi trebalo sumnjati u to, da jedan dio te vode ide i u smjeru Sinjca.

Izbijanje vode Sinjca vezano je na uspornu funkciju trijaskih dolomita, koje nalazimo mjestimice u području vodotoka, a uz njih stanovali uspor vrše i kredni dolomiti. Oni nisu dozvolili formiranje velikih podzemnih tokova, koji bi mogli apsorbirati svu raspoloživu vodu. Međutim niz ponora omogućuje da se voda Sinjca brzo ponovno nađe u podzemljima, na putu u sliv Mrežnice. Prema tome voda Begovca i njegova zaleđa kroz oba podzemna otvora odlazi u sliv Mrežnice (Mrežnica i Suvača).

Zaključak

U svrhu rješavanja nekih hidrogeoloških problema u vezi s Ličkom Jesenicom i periodičkim jezerom Begovac, izvršeno je geološko proučavanje dosada slabo poznatih sjeveroistočnih padina Male Kapele. Tom su prilikom istraživani osnovni stratigrafski i tektonski odnosi, na temelju kojih su tada objašnjene glavne hidrogeološke pojave toga kraja.

Kao nov stratigrafski elemenat u istraživanom području ustanovljeni su trijasci dolomiti. Oni izgrađuju jezgru terena, a na površini ih nalazimo sporadično u području, što se proteže od Kuselja i Velikog vrela preko Begovca do Sinjca s jedne i zapadnog zaleđa Plaške Glave s druge strane.

Po prvi put su otkrivene i dolomitne breče, koje najvjerojatnije pripadaju gornjoj kredi, pa ih u tom slučaju treba shvatiti kao bazalne gornjokredne naslage. Glavna im se rasprostranjenost vidi u priloženoj geološkoj karti, u kojoj manja nalazišta nisu izlučena.

Na temelju terenskoga opažanja može se s priličnom vjerljivošću zaključiti, da se na gornjotrijaske dolomite kontinuirano nastavljaju dolomiti lijsa, jednako kao i u poriječju Korane i Zagorske Mrežnice. Osim toga postoje i mlađi jurski dolomiti koji, prema iskustvu u području Velike Kapele, uglavnom pripadaju dogeru.

Jurski su vapnenci izlučeni iznad jezera Sinjac, zatim u području Trntora, kao i u širem prostoru Konjske Glave i Glibodola na jugozapadnom pobočju Male Kapele.

U sjeveroistočnom dijelu istraživanoga terena, usprkos duboko erodiranim jaraka, nismo na površini našli jurskih naslaga, što je najvjerojatnije u vezi s denudacijom prije taloženja gornje krede, a djelomice može biti prouzročeno i tektonikom.

Kredni se dolomiti nalaze često u uskoj vezi s dolomitima trijasa. To se objašnjava transgresivnim položajem krede.

Gornjokredni vapnenci su najrasprostranjeniji u istraživanom terenu, što se vidi i iz geološke karte. U njima su na mnogim mjestima otkrivena bogata nalazišta rudista.

U tektonici dominiraju rasjedi koji ujedno imaju i najveće hidrogeološko značenje.

Kontaktna rasjedna linija Kuselj—Biljevina—Saborski—depresija Ličke Jesenice omogućuje podzemnu odvodnju Pepelarnice, Kuselja, Potoka i nekih manjih vrela.

Kontaktni rasjedi s obje strane skupine Opaljenika i Ilijina Tavana, uvjetovali su pojavu Velikoga vrela.

Na tektonsku je liniju vezano i Malo vrelo kao i Paskaševac.

Značajna se rasjedna linija spušta od Jasenka prema Vrceljima, odakle se produžuje jugozapadnim rubom Begovca i uvjetuje pojavljivanje većega broja estavela, među kojima se ističe Velika pećina.

Izrazit rasjed prolazi između Tavana i Drizkovca (na Malom Pišteniku). On omogućuje podzemno odvodnjavanje Begovca u jugoistočnom smjeru.

Rasjed prolazi i uzduž jugozapadne padine Pištenika i Filipova vrha.

Od većeg je hidrografskog značenja lomna linija što prolazi dolom, koji spaja Begovac s jezerom Sinjac. Ona omogućuje podzemno otjecanje iz Begovca i ispod Begovca u sjeveroistočnom smjeru (prema Sinjcu).

Trijaski su dolomiti, s obzirom na njihov centralni tektonski položaj, shvaćeni kao osnovna barijera, koja ne dopušta veće podzemne komunikacije. Uz njih istu funkciju mogu vršiti i kredni i jurski dolomiti, ali samo onda, ako se na njih izravno nadovezuju (kao posljedica kontinuiteta sedimentacije kod jurskih dolomita, ili transgresivnog položaja kod dolomita krede). No i tada njihovi tektonski poremećeni periferni dijelovi, koji nisu zaštićeni trijasom, mogu biti vrlo propusni. To najbolje pokazuje niz ponora uz liniju Kuselj—Saborski, zatim prostrano ponorno područje oko sela Lička Jesenica.

Izolirani kredni dolomiti i dolomitne breče redovito imaju dovoljno lokalnih pukotina, koje omogućuju stanovite podzemne tokove. To pokazuje pojava Maloga vrela i dr.

Jurski i kredni vapnenci predstavljaju najpropusnije elemente, koji omogućuju mnogobrojne zamršene i duge podzemne komunikacije.

Ovakva hidrografska ocjena pojedinih naslaga omogućuje nam razjašnjenje mnogih hidroloških problema u slivu Ličke Jesenice i Begovca.

Veliko vrelo Jesenice uvjetovano je uspornom funkcijom trijaskih i krednih dolomita kao i sabirnim kapacitetom vapnenačke trupine Opaljenika i Ilijina Tavana.

Malo vrelo se pojavljuje također kao rezultat usporene funkcije trijaskih i krednih dolomita, a voda dolazi iz trupine Male Kapele kroz vapnence i raspucani periferni dio krednih dolomita.

Paskaševac je po tipu sličniji Velikom vrelu, ali mu je izvorište razbijeno, a sabirno područje mnogo manje, zbog čega periodicitet dolazi više do izražaja.

Niz normalnih silaznih, ili lokalno uzlaznih, vrela u sливу Ličke Jesenice i u sливу Begovca, vezan je uglavnom na pozitivnu hidrološku funkciju trijaskih a tek djelomice krednih i jurskih dolomita (Kuk, Krivodol, Točak, Pećina, Siljevac, Žabnjak i dr.).

U dolomitima se nalaze i tri normalne razvodnice u istraživanom terenu. Jedna se proteže od Ravnoga Luga do Borova vrha, druga trupinom Plaške Glave, a treća trupinom V. Lisca.

Pojava estavela na jugozapadnom rubu Begovca uvjetovana je pre-sjedištem triju jakih tektonskih linija. Uzdužna linija, na jugozapadnoj strani jezera, uz pomoć poprečnih lomova u njezinom jugozapadnom za-leđu, omogućuje podzemno dovođenje vode iz trupine Male Kapele (Ja-senak-V. vrh). Ostale dvije tektonske linije omogućile su formiranje podzemnih kanala ispod Begovca, podzemno odvođenje vode u jugoistoč-nom i sjeveroistočnom smjeru, kao i periodicitet estavela u ovisnosti s podzemnim vodostajem. Kroz jugoistočni podzemni otvor voda odlazi iz slica Begovca uglavnom u smjeru Mrežnice. Ostaje otvorenim pitanje da li jedan dio vode teče i u sлив Slušnice. Vidljive geološke zapreke ne postoje.

Sjeveroistočni podzemni otvor vodi u smjeru Sinjac jezera, u kojem se voda iz dubine od oko 40 metara, što je uvjetovano uspornom funkcijom trijaskih i krednih dolomita. Za vrijeme inundacije Sinjac reagira iza Begovca s pet dana zakašnjenja i s manjim količinama vode. Zakašnjenje mora biti u vezi s ispunjavanjem podzemnih prostorâ, koji su ispraznjeni za vrijeme faze odvodnjavanja, a manje su količine vode uvjetovane odvodnjavanjem Begovca u jugoistočnom smjeru.

Sinjac ima i svoju vlastitu vodu podzemnicu, za koju je predpo-stavljeno, da dolazi iz Male Kapele ispod dna Begovca.

Zasada je još problematično da li postoji podzemno odvodnjavanje ispod trupine Pištenika. Može se jedino reći, da veći podzemni kanali nisu vjerojatni, zbog lokalnog pojavljivanja trijaskih dolomita u do-lo-mitnom pojusu jugozapadne padine Pištenika. Prema tome kao jedini ozbiljni odvodni podzemni putovi za vodu ponora i estavela Begovca kao i izravnih vodenih tokova ispod dna Begovca ostaju jugoistočna i sjevero-istočna tektonska linija.

U pogledu daljih podzemnih komunikacija vode Ličke Jesenice i Be-govca s niže položenim vrelima, s geološkog gledišta postoje različite mogućnosti. Lička je Jesenica u prvom redu povezana sa Slušnicom (što je bojadisanjem već dokazano), a s obzirom na geološke prilike nije isključena ni eventualno veza s Mrežnicom. Begovac pak prvenstveno gravitira prema Mrežnici i Suvači (preko Sinjca) dok je veza sa Slušni-com manje vjerojatna, iako je teoretski moguća.

Konačnu potvrdu ili opovrgavanje ovih zaključaka izvedenih iz geo-loških odnosa u terenu i nekih površinskih hidrografskih pojava, može dati jedino precizno izvedeno bojadisanje ponora i estavela. Kod Begovca to treba izvršiti pojedinačno tako, da se ponore bojadiše za vrijeme na-predovanja inundacije, a estavela za vrijeme pražnjenja jezera.

ON SOME HYDROGEOLOGICAL PROBLEMS OF THE KARST
MOUNTAIN MALA KAPELA IN LIKA (CROATIA)

(With hydrogr. and geol. map)

by MILAN HERAK, Zagreb

The hydrogeological problems of the Croatian Karst are of great interest not only from the theoretical but also from the practical point of view. Therefore, many exploration works have been recently performed in order to clear up the basic relations of the Karst hydrology. First of all, underground connections among different hydrosystems and their dependence on geological structure have been investigated.

The mountain Mala Kapela belongs to the Karst mountains of the Dinaric system. Its main sediments are Mesozoic dolomites and limestones. Due to their presence a typical Karst hydrology with many underground waterflow-nets developed.

In this paper there will be explained some of the problems in connection with hydrology on the northeastern part of Mala Kapela, where the Karst river Lička Jesenica and the periodical lake Begovac dominate.

Stratigraphy

Besides Quarternary (most Alluvial) deposits, only dolomites and limestones belonging to the different Mesozoic systems were found in the explored region.

TRIASSIC

The first Mesozoic system is represented only by light-gray dolomite which belongs most probably to its upper part. It was found sporadically within the common dolomite areas, especially within the central district, between the villages Ravní Lug and Blato. In our map this dolomite has not been isolated because its hydrological function is in a high degree connected with that of the Jurassic and Cretaceous dolomites with which it makes a more or less a homogeneous unity.

JURASSIC

The sediments of this system consist of dolomites and limestones. Liassic dolomite follows continually the dolomite of the Upper Triassic and therefore to isolate them in the map would be very difficult the more because of the lack of fossils. Besides, there exists Dogger dolomite which differs from the above mentioned in lithological characteristics (dark gray colour and holocrystallinity). The main outcrops of Jurassic dolomite are to be found in the district of Plaška Glava and its surroundings.

The limestone is found only in the northwestern part of the investigated region. The lack of Jurassic sediments in other parts of the region is due to the post-jurassic denudation and transgressive position of the Upper Cretaceous sediments.

CRETACEOUS

Cretaceous system is represented by dolomite breccia, dolomite and limestone with rudistids.

Dolomite breccia is very well developed on the basis of the other Cretaceous sediments. It was most probably deposited during the Upper Cretaceous transgression. The outcrops have different positions: either between the Jurassic limestone and the Cretaceous dolomite, or between the Triassic dolomite and the Cretaceous sediments, but most often in tectonic contact with the Upper Cretaceous limestone. In our map only the wide-spread outcrops are isolated.

The brownish-yellow dolomite has different positions, too. Some outcrops lie on the Triassic dolomite, the other between the dolomite breccia and the Upper Cretaceous limestone. Some of them are in tectonic contact only with the mentioned limestone. The districts of Vel. Lisac, Titra, Jurjeva draga and Borovi vrh are the main areas of the Cretaceous dolomite within the central dolomite belt. It is to be found also in other dolomite districts.

Limestone with rudistids is the youngest and spreadest stratigraphical formation. Jasenova draga, Jasenak, Vodena draga, Sivnik, Pištenik and many other districts are characterized by this limestone.

The main tectonic Structures

I do not intend to give a detailed analysis of the tectonic structure of the explored region because of lack of sufficient data. My intention is to emphasize only the main disturbance lines important with regard to the hydrological relations.

There are faults and folds. Faults are more conspicuous and more significant for both, rising of springs and formation of swallow-holes and estavelas (estavelas are intermittent springs which during the low water-level have function of swallow-holes).

One of the main contact fault lines strikes from Kuselj over Biljevina and Saborski toward northwest. On its southwestern side there is the central dolomite belt consisting of the Triassic and Cretaceous dolomites, while on its northeastern side there is very fissured and jointed Upper Cretaceous limestone. The contact fault line exists also between the dolomite and limestone on the southwestern side of Pištenik and Filipov vrh. Further, an evident fault begins at Vezmari, in the southeastern corner of Begovac, striking between Tavan and Drizkovac in the direction of Potpolje. A disturbance line, within the dolomite belt, connects the northeastern corner of Begovac with the depression of Plavča draga or, if it is to be said more exactly, with Sinjac jezero. On the northwestern side of Begovac there is another contact fault line between the dolomite and the Cretaceous limestone. The further faults exist in the district of Paskaševac and Veliko vrelo and a less evident disturbance on the side of Malo vrelo. There are still more faults but none of them is of such a hydrological importance as the mentioned ones which,

as we shall see later, make possible either rising of springs or formation of swallow-holes and estavelas.

Hydrology

The hydrological relations depend in a high degree upon the physical properties of rocks and their tectonic position.

As to the physical properties we have to distinguish only two kinds of rocks. On one side there are dolomites of all Mesozoic systems and dolomite breccia. On the other side there are the Jurassic and the Cretaceous limestones. The first are less jointed and therefore less pervious. Even more they could be impervious especially in the deeper parts. The limestone, on the contrary, is usually very fissured and jointed so that it can be very pervious. This distinction is valuable only for the districts where but one of these sediments exists without interstratifications of the other. In the explored region such districts exist in spite of the change in sedimentation of dolomites and limestones during the Jurassic and the Cretaceous periods. The continuity was caused by a post-jurassic emersion and denudation. These processes removed here and there the deposits above the Triassic and the Jurassic dolomites so that in some districts the Upper Cretaceous dolomite breccia and dolomite were deposited directly over the older dolomites.

Such continuous dolomite belts, on account of deep position of the Triassic dolomite, constitute the barriers which prevent subterranean water courses and underground connections of different water systems. Due to this fact well-defined watersheds can exist even in some Karst districts. On the contrary, such watersheds does not exist in limestone, even if there are bigger dolomite interstratifications, because there always exist some fissures or channels through which the water flows from one system to another. Through such miscellaneous limestone-dolomite sediments the water comes to the estavelas of Begovac. Furthermore, it is to be mentioned that border belts of the continuous dolomite districts and especially on the tectonic contacts may, due to many fissures, also be very pervious if there is no Triassic dolomite. It is being proved by the appearance of Malo vrelo as well as by many swallow-holes along the fault line Kuselj-Saborski and around the village Lička Jesenica.

According to all these facts main problems of water systems in the explored district can be solved. We are especially interested in exploring the catchment areas of Lička Jesenica and Begovac and their subterranean connections.

1. LIČKA JESENICA

It is a typical little Karst river. Its length amounts to 7,5 km during the high water level, and 5,5 km during the low water level.

The main Karst spring is called Veliko vrelo (cca 480 m above the sea). The water emerges on the tectonic contact between the Upper Cretaceous limestone (Opaljenik, Ilijin Tavan) and the Triassic and the Cretaceous dolomites which rise very high on both sides of Opaljenik.

The limestone forms a large catchment area, and the dolomites have the stow function. The spring is permanent because there is no other way that the water could issue to the surface.

Besides the main spring there are many tributaries of different type, length and water amounts.

From the right side there inflow many springs containing but small quantities of water. Their catchment area consists of dolomite which forms a well-defined watershed along the ridge Ravni Lug—Borovi vrh. The water of southwestern slope drains to Lička Jesenica (springs: Kuk, Krivodol, Točak, Čevrkalo and others). The water of some of these small springs disappears for a while into the dolomite detritus but it emerges very soon again. The small water quantities draining in the north-eastern direction disappear through the swallow-holes in the border belt of the dolomite district near its tectonic contact with the very pervious Upper Cretaceous limestone. Besides Pepelarnica, Kuselj and Potok there are some other small springs.

The left side tributaries are of different type. In Jurjeva draga there are many very small springs. The catchment area consists of the Cretaceous dolomite. In the main valley of Jurjeva draga some swallow-holes are formed in the Alluvial detritus. The subsurface course of water is short and it oozes to the surface in the same valley again.

The most interesting of all left side tributaries is the permanent Karst spring called Malo vrelo. The water issues to the surface through the fissures in the Upper Cretaceous dolomite near the contact with the younger limestone which forms the catchment area in the body of Mala Kapela (Jasenova draga and its surroundings). The watershed is in the axis of Veliki Lisac and its northwestern prolongation. The Triassic and the Cretaceous dolomites have the stow function.

Along the left side of the valley of Lička Jesenica there are also many small springs having a dolomite catchment area which do not differ from similar springs on the right side.

Pakaševac is the name of a group of Karst springs southwest of the village Lička Jesenica. As to the type, they are similar to *Veliko vrelo*, but since their catchment area is smaller they sometimes have characteristics of an intermittent spring.

Swallow-holes through which the water of Lička Jesenica disappears are situated in a district of about 2 km long near the village Lička Jesenica. They are formed in the Cretaceous dolomite and limestone.

The subterranean connection between these swallow-holes and the Karst spring *Slušnica* (245 m) is proved by colouring the water on the swallow-holes southward of the village Lička Jesenica. According to the similar geologic relation in the direction of the Karst spring *Mrežnica* (cca 254 m) it seems not to be impossible of some underground drainage toward this spring. However it could be proved only by colouring all main swallow-holes in turns at different water tables.

2. BEGOVAC

In fact it is a small karst basin (polje) with a very complicated water system. It is drowned every year. The inundation temporarily varies and ends usually till October. The polje is situated on the junction of three tectonic lines which cause an entangled hydrology characterized by reversible springs (estavelas), normal springs and swallow-holes. Their arrangement in the space depends upon the geological relations.

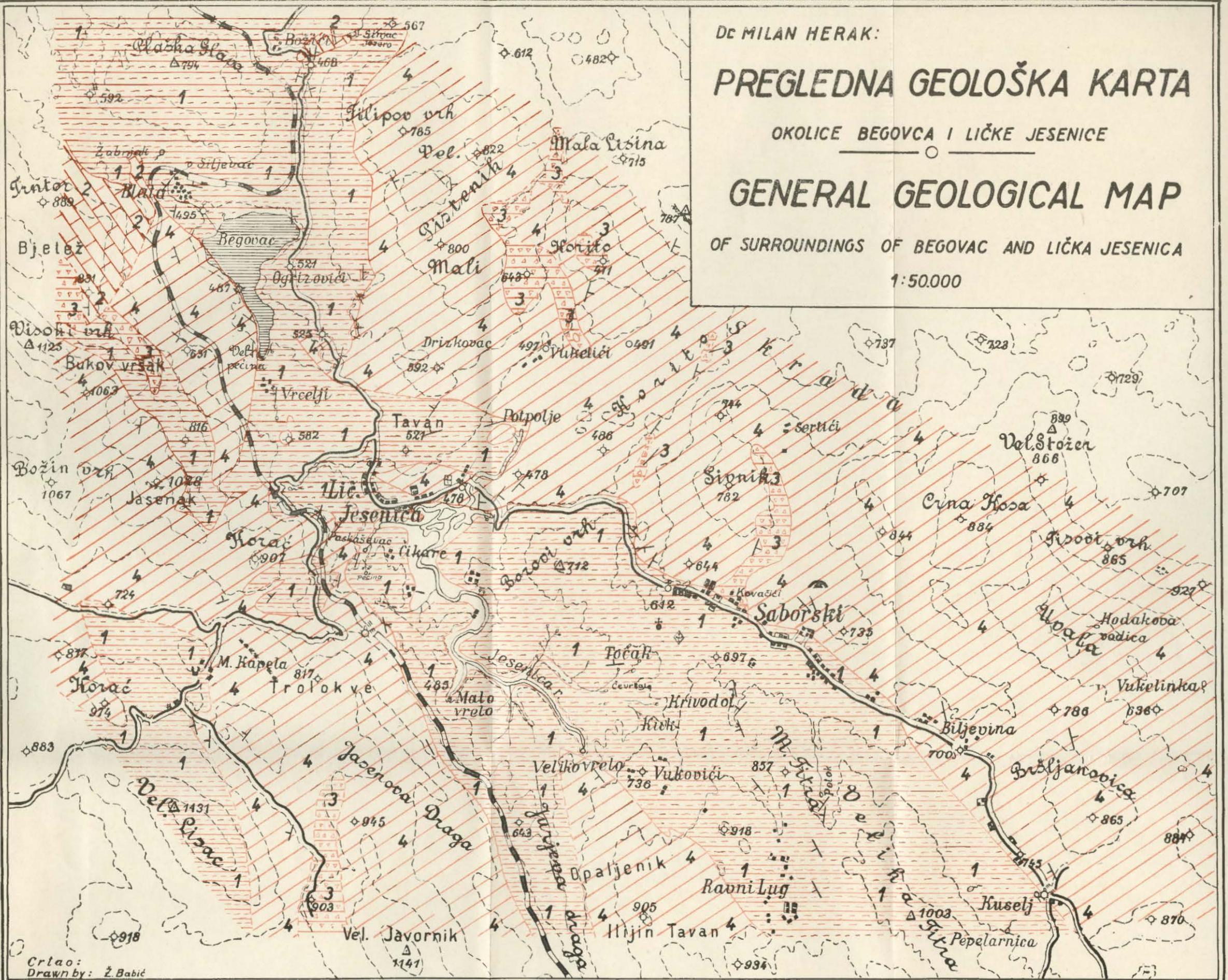
Normal springs (*Siljevac* and *Žabnjak* near the village Blata on the northwestern side of Begovac and some small springs near the village Vrcelji in the southern corner of Begovac) are situated in the district of the Triassic dolomite. Their water issues to the surface through the joints in the dolomite in which it forms a normal groundwater table. Reversible springs (estavelas) are to be found only on the southwestern part of Begovac just near the contact fault line between the Triassic dolomite and the Upper Cretaceous limestone. Because of crossing of the above mentioned tectonic lines the dolomite barrier is fissured in that district. The fissures, and possibly channels, cause a partially subterranean drainage from the limestone catchment area. However, since the quantity of water under pressure within the catchment area is much greater than the capacity of the mentioned subterranean watercourses through the dolomite, the water has to come out through many different openings (estavelas) in the limestone near the tectonic contact line. It happens naturally during the high water level only. During the low level, on the contrary, the capacity of the subterranean watercourses is greater than the amount of water deriving from the catchment area and therefore the water from Begovac can return to its subterranean course through the same openings (estavelas). *Velika pećina* is the most interesting estavela. It is situated in the southwestern corner of Begovac. Its main hall is 16 m long, 12 m wide and 20 m high. There are also other corridors. As to the other estavelas they are similar to the small sink-holes. The swallow-holes are situated on the opposite side of Begovac, in its southeastern and northeastern corner. Their formation is due to the tectonic lines which enable the underground drainage southeastward and northeastward from Begovac. The southeastern fault line strikes between Tavan and Drizkovac. The limestone of Pištenik gives many possibilities to the water to continue its flow in the direction of Karst spring *Mrežnica* and perhaps also in the direction of the Karst spring *Slušnica*. The northeastern tectonic line, on the surface marked only by a row of sink-holes, leads to the characteristic Karst spring called *Sinjac jezero* (cca 364 m). At the beginning of inundation *Sinjac jezero* reacts with 5 days delay in comparison to Begovac and the amount of additional water is smaller than at Begovac. The reason for it is the possibility of drainage of some quantities of water through the swallow-holes in the southeastern corner of Begovac.

Finally, it is to be pointed out that *Sinjac jezero* has its own deep subterranean water which must also originate in the body of Mala Kapela, because there is no other possible catchment area in its dolomite surroundings. Thus, its subterranean course passes below the bottom of

Begovac, too. The water emerging at *Sinjac jezero* has a very short surface course. There are many swallow-holes through which it disappears in the ground again and continues its subterranean course in the direction of the Karst springs *Suvača* and *Mrežnica*.

The problem whether there are underground streams under the body of Pištenik on the southeastern side of Begovac or not will still remain unsolved. However, according to the hydrological function of miscellaneous Triassic-Cretaceous dolomite belts, already learned, we may at least suppose that such streams do not exist because such a dolomite belt strikes along the western slope of Pištenik and Filipov vrh.

Geological and Paleontological Institute,
Technical faculty, Zagreb.



Mezozojski dolomit
Mesozoic Dolomite



Jurski vapnenac
Jurassic limestone



Dolomična breča
Dolomite breccia



Gornjokredni vapnenac
Upper Cretaceous limestone

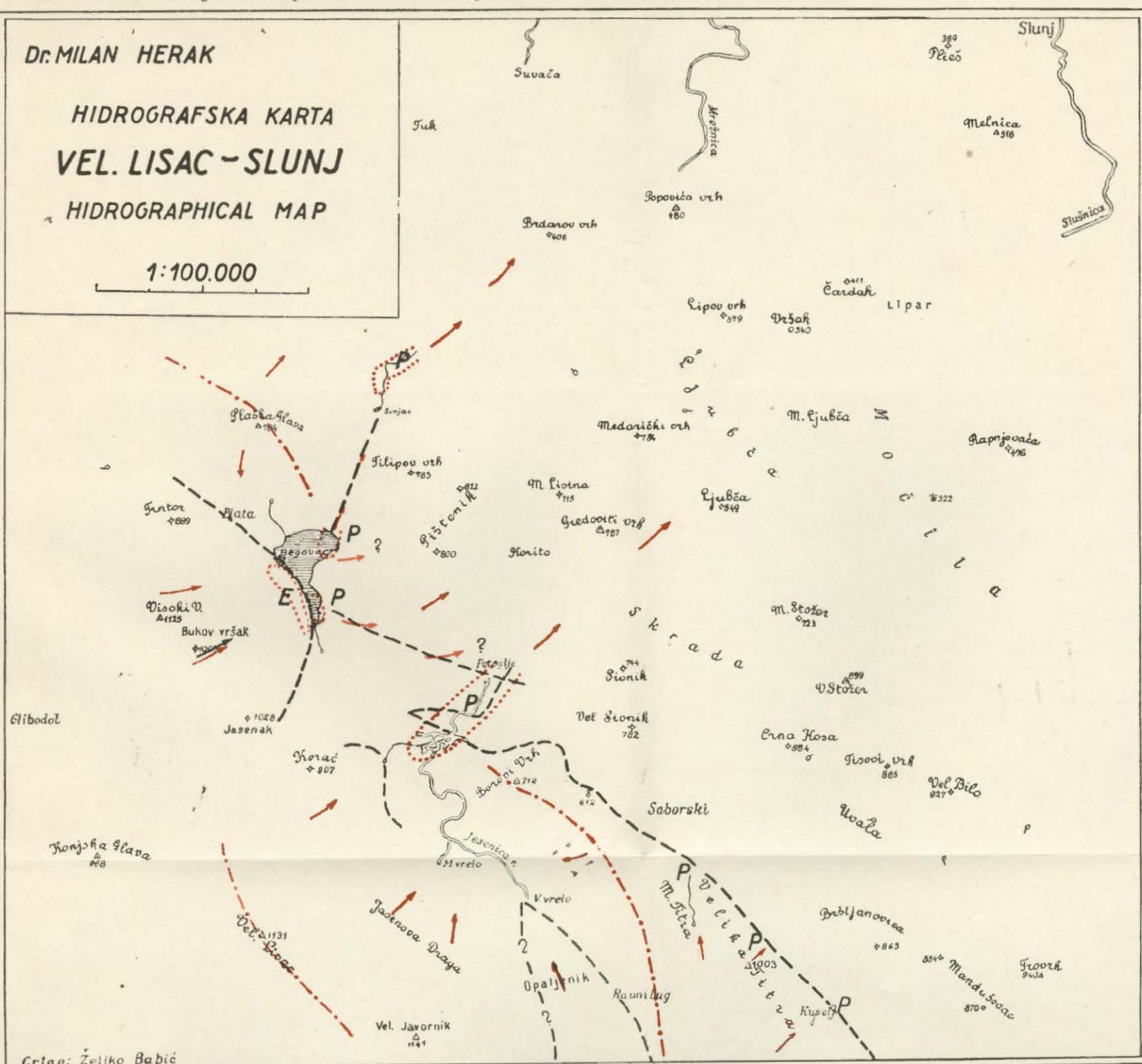
Dr. MILAN HERAK

HIDROGRAFSKA KARTA

VEL. LISAC - SLUNJ

HIDROGRAPHICAL MAP

1:100.000



Crtao: Željko Babić

Glavne tektonske linije
Main tectonic Lines

Razvodnice
Watersheds

Smjerovi podzemnih tokova
Directions of subterranean Courses

E Područje estavela
District of the Estavelas

P Područje ponora
District of the Swallow-holes